

СОДОВОЕ ЗАСОЛЕНИЕ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ СССР И НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ ЕГО УСТРАНЕНИЯ

В. В. ЕГОРОВ

Почвенный Институт им. В. В. Докучаева, ВАСХНИЛ, МСХ СССР,
Москва

В последние годы получен ряд новых данных о распространении содового засоления почв на территории СССР. Основные районы, где оно встречается, показаны на следующей схеме (Рис. 1.). Наиболее значительные очаги содовых почв находятся в обширных степных низменностях восточной Европы и Западной Сибири (субгумидная биоклиматическая зона). Засоление проявляется здесь часто в форме солонцово-солончакового почвообразования. Последнее протекает под влиянием близких к поверхности, относительно слабо минерализованных, грунтовых вод, в которых содержится гидрокарбонат натрия и очень небольшие количества солей кальция и магния. В почвенном покрове таких районов до 30 иногда 50% площади занимают содовые (солончаковые и солончаковатые) луговые солонцы.

Приуроченность обширных очагов содового засоления к субгумидной зоне еще не во всем достаточно ясна. Вместе с тем решение вопроса во многом определяет выбор более эффективных и экономичных способов ликвидации этой формы засоления почв.

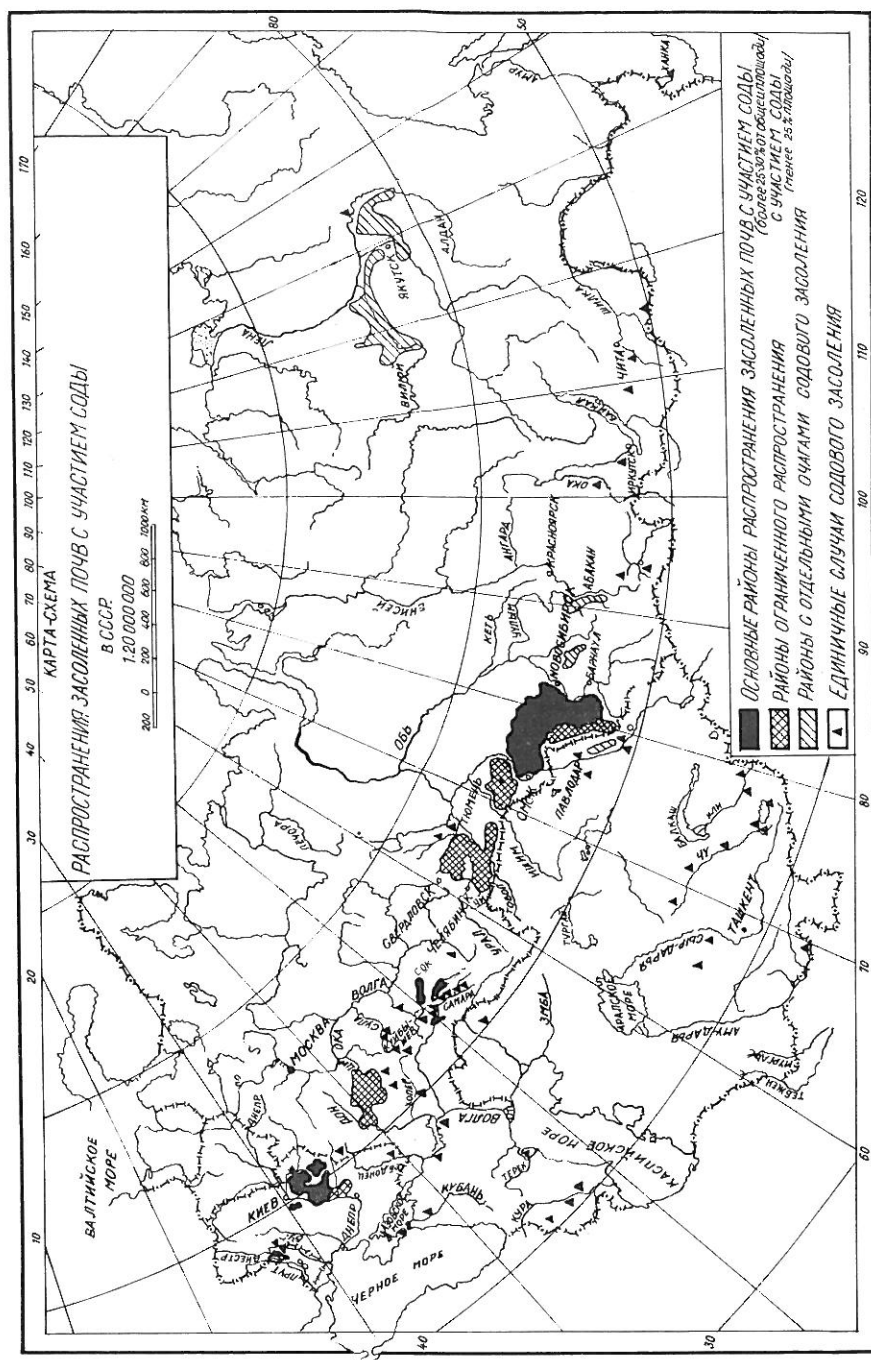
Наиболее обычными источниками соды в почвенно-грунтовых водах и почвах, как выяснено прежними исследованиями, являются:

1. Процессы выветривания различных пород, обедненных кальцием, или потерявших значительную часть этого элемента на предыдущих стадиях выветривания.

Исходя из последнего положения, появление содового засоления в областях субгумидных с породами, ранее прошедшими ряд стадий выветривания (в частности, с эпохи великих оледенений), представляется в некоторой мере объяснимым.

2. Приток содовых (гидрокарбонатно-натриевых) растворов из недр к поверхности при благоприятной геологической и гидрогеологической обстановке. Очаги содового засоления по этой причине известны в районах распространения третичных известняков (Молдавия, Северный Кавказ). Несколько особым случаем в этой группе является формирование и приток из недр к поверхности содовых растворов в местах нахождения нефти и газоносных структур. Происхождение соды в последнем случае парагенетически связано с процессами микробиологической редукции сульфатов натрия в присутствии углеводородов нефтяной залежи (Сулин, Ковда). Вероятным примером этому могут явиться районы содового засоления в Западно-Сибирской низменности.

3. Теория почвенно-биологического происхождения соды, когда также предполагается редукция сульфатов натрия, протекающая у поверхности в



переувлажненных почвах и почвенно-грунтовых водах. Подобные процессы широко известны в природе. К сожалению, масштабы явления в отношении содообразования, не изучены. Этим вопросом в СССР занимается сейчас Антипов—Каратаев и др.

4. Теория растительного происхождения соды. Имеется ряд косвенных подтверждений справедливости названной гипотезы. Однако строгой экспериментальной проверки она еще не подвергнута. Вероятным, в частности, является выделение растениями углекислого натрия после использования ими серы сульфата. У ряда древесных пород наблюдается также выделение в местах повреждений стволов щелочных соединений типа гумата натрия — особенно часто у рода *Populus*. Вместе с тем, масштабы явления также не ясны, но вряд ли являются значительными.

Обширность территории СССР и разнообразие природных условий определяют вероятность проявления в разных условиях ряда причин появления содового засоления в почвах.

Уже сказано, что на низменных равнинах степной зоны содовое засоление проявляется в начале через осолонцевание почв. Этому способствует своего рода блокирование растворимости солей кальция в присутствии соды. Развитие солонцеватости в почвах начинается снизу, от источника соды, т. е. от грунтовых вод, и наиболее ярко проявляется в поддерновом горизонте, где заметно повышается концентрация солей натрия в почвенных растворах. Появление солонцовых горизонтов резко снижает капиллярную проводимость пород и почв, от чего существенно задерживается дальнейшее развитие поверхностного засоления. Этому же способствует малая минерализация грунтовых вод. Последующее преодоление досолончаковой солонцеватости ведет к появлению на местности содово-солончаковых пятен (Табл. 1. разр. 9). Иногда застаивание на их поверхности дождевой воды вызывает новый процесс — а именно декантационное отделение от остальной почвенной массы коллоидных частиц — особенно при слабом и умеренном засолении. После высыхания дождевых луж образующаяся на поверхности пленка коллоидов растрескивается, скручивается и удаляется ветром. Обнажается осветленная прослойка типа кремнеземистой присыпки. Лишенная тонких частиц, она также постепенно удаляется ветром. Появляется микрозападинный рельеф. Западины, собирая воду, постепенно промываются и зарастают растительностью. Видимо с потерей части коллоидов удастся в естественных условиях постепенная промывка засолившихся содой пятен.

Относительно слабая минерализация грунтовых вод в районах содового засоления степной зоны и сопутствующие содовому засолению процессы осолонцевания настолько замедляют концентрирование солей у поверхности, что делают перспективным прием замлевания почв содового засоления и при солончаковом процессе. Устранение источника соды при этом, однако, не предполагается. Вместе с тем, привнесенный на поверхность новый слой, благодаря содержанию обменного кальция, в состоянии некоторое время нейтрализовать новые порции соды, проникающей снизу — от грунтовых вод.

Правильнее в таких условиях сочетать приемы, направленные на преодоление содового засоления с мероприятиями по понижению уровня грунтовых вод. Возможно, что при соблюдении известных предосторожностей допустима откачка подземных вод, содержащих гидрокарбонат натрия, для орошения почв на легких грунтах.

Вторым элементом поверхности, где на равнинах проявляется содовое засоление, являются поймы рек (Молдавия, Украина, Заволжье и др.).

Для ряда пойм, подвергшихся детальным обследованиям, установлено, что причина появления соды в них кроется в поступлении из недр в долину грунтовых вод, уже содержащих гидрокарбонат натрия.

Таблица 1.

Данные анализа водных вытяжек из образцов почв содового засоления

№ разр. место- положение, автор	Глубина в см	рН	Плотный оста- ток — в % грунтов. вода — в г/л	В мг. экв. / 100 г почвы						
				Щелочность		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	По- раз- ности Na ⁺ + K ⁺
				CO ₃ ²⁻	Общая в HCO ₃ ⁻					
р. № 9 Убинская опытная станция Западная Сибирь, (Шаврыгин)	0—5	Не опр.	0,63	1,3	5,4	0,1	1,7	1,0	0,5	5,7
	5—15	»	1,21	4,3	9,8	0,1	3,5	1,0	0,8	11,7
	15—25	»	1,34	5,7	10,7	0,1	3,8	1,0	0,8	12,7
	25—40	»	0,78	3,0	5,1	0,1	3,5	0,5	0,5	7,7
	40—60	»	0,59	2,0	3,6	0,1	3,3	0,5	0,5	6,0
	60—85	»	0,44	1,0	3,1	0,1	2,5	0,5	0,5	4,7
	85—120	»	0,37	1,0	2,8	0,1	1,9	0,5	0,5	3,7
	120—160	»	0,29	1,0	2,1	0,1	1,7	0,5	0,5	2,9
Грунтовая вода	160	»	3,93	Нет	22,3	0,6	35,2	2,0	4,1	52,0
р. № 318 Пойма р. Ботны, Молдовская ССР, (Кирошка)	0—10	Не опр.	3,00	»	0,9	10,9	29,8	3,9	2,7	35,0
	12—22	»	3,36	»	0,6	7,6	32,5	7,3	2,4	31,0
	25—35	»	2,85	»	0,8	7,6	31,7	5,1	1,8	33,2
	38—43	»	1,10	»	1,0	4,2	9,6	0,4	0,2	14,4
	45—55	»	1,57	»	0,8	5,7	15,8	0,8	0,6	21,0
	65—75	»	1,29	»	0,8	3,5	15,5	1,9	0,7	17,2
	95—105	»	0,32	»	2,4	0,8	1,1	0,1	0,1	4,1
	125—135	»	0,29	»	1,8	0,8	0,7	0,1	0,1	3,2
р. № 9/16 Аралатская долина Арм. ССР (Мелкомян)	0—5	10,0	1,80	5,6	8,3	13,9	6,4	0,5	0,1	28,0
	5—10	9,2	1,30	6,3	8,0	8,5	2,7	0,2	0,2	18,8
	10—20	9,1	1,30	3,9	6,6	9,6	2,3	0,1	0,1	18,3
	20—40	9,0	1,00	2,5	4,6	8,3	2,0	0,1	0,1	14,8
	40—60	9,0	1,70	1,4	3,1	5,3	1,8	0,2	0,2	9,8
	60—80	9,0	0,90	1,2	3,0	9,3	1,8	0,2	0,1	13,8
	80—100	8,8	0,40	0,2	1,4	3,4	0,8	0,2	0,1	5,3
	100—135	8,8	0,20	0,4	1,6	1,0	0,6	0,2	0,1	2,9
Грунтовая вода	135	8,8	2,40	1,2	10,6	15,8	4,0	0,8	6,9	22,7

Наиболее яркие примеры тому наблюдаются на территории Молдавии (пойма Пруга и поймы ряда малых рек, стекающих с Кодру). Сходные явления наблюдаются на Украине, — в бассейне среднего Днестра; в Заволжье — в бассейне реки Самары.

Несмотря на напорность гидрокарбонатно-натриевых подземных вод, поверхностное содовое засоление в поймах проявляется реже, чем можно было ожидать. Более часты примеры сульфатного засоления верхних горизонтов пойменных почв, с появлением соды лишь на некоторой глубине в подпочвах (Табл. I. разр. 318.).

Подобное распределение солей объясняется, повидимому, следующим. Верхние горизонты аллювиальных пойменных почв периодически размываются потоком и переоткладываются. При этом обновляется коллоидная часть аллювиальных отложений. В этом процессе частицы, ранее насыщенные натрием, практически полностью уносятся за пределы поймы, — их седиментация даже в медленном потоке практически исключена. Вновь отложенный свежий аллювий из частиц с преобладанием в них обменного кальция является периодически обновляемым резервом для сдерживания притока соды к поверхности почвы, — поскольку ион Na^+ соды расходуется на обменные реакции. Кроме этого, в поймах существует процесс соленакопления из речной воды. При этом происходит обогащение почвы преимущественно сульфатами, включая гипс. Последний также препятствует накоплению соды.

Преодолеть эти барьеры содовые растворы могут лишь после длительной концентрации в условиях ослабленной поемности. Сказанное необходимо учитывать в практике освоения пойменных почв. В обвалованных поймах на испарение с поверхности почв расходуются относительно большие запасы грунтовых вод. Поступление гипса, а также свежих наилок с речной водой при обваловании прекращается. Тем самым значительно улучшаются условия для проникновения содовых растворов снизу — в корнеобитаемый слой. Определенное разочарование, которое иногда приносит обвалование и освоение пойм степной зоны, нередко связано с этой причиной.

В итоге и в поймах возникает настоятельная необходимость искусственного понижения уровня грунтовых вод, если уровень их после обвалования сохраняется высоким. Опоздание с проведением необходимых в этом плане мероприятий приведет в дальнейшем к необходимости химических мелиораций.

Многочисленные, но чаще небольшие — по занимаемой площади, очаги содового засоления известны также на юге страны — по периферии горных обрамлений пустынной зоны. Во многих случаях содовое засоление появляется в однотипных условиях. В частности, ему сопутствует распространение в водосборном бассейне кислых массивно-кристаллических пород (обычно гранитов). При их выветривании образуется некоторое количество соды. В этих же условиях водовмещающие породы на подгорных равнинах, где начинается испарение грунтовых вод и соленакопление, характеризуются легким составом — с малым содержанием коллоидных частиц. Содовое засоление, когда оно имеет место, проявляется в этих условиях, как первая токсичная солевая зона, в системе геохимической поясности нередко с участием сульфата- Na (раз. 9/16).

Размеры засоления почв и минерализации грунтовых вод в этих условиях чаще не велики, но в виду особой токсичности соды засоление носит безусловно опасный характер.

Мероприятия по устранению содового засоления в подобных случаях могут быть менее сложными, чем в других условиях. Надо учесть, что характер выветривания и дифференциация осадков на предгорных покатостях

пустынной зоны ведут к преобладанию в составе глинных минералов гидрослюд, при почти полном отсутствии минералов группы монтмориллонита.

По-видимому, только в присутствии монтмориллонита происходит наиболее значительное осолонцевание грунтов и почв, когда оказывается не перспективной их обычная промывка. На породах с гидрослюдистым составом глинных минералов удаление соды промывками, по имеющимся пока данным, видимо, возможно. Основным приемом в системе мероприятий по удалению соды могут быть в таком случае промывки с дренажем без применения химических средств или при ограниченном их использовании в заключительной фазе мелиорации.

Вопрос о развитии сильного засоления почв под влиянием других источников соды (в том числе почвенно-биологических процессов продуцирования соды) требует еще кропотливого изучения. Таковы некоторые предпосылки к познанию и устранению содового засоления в основных зонах его распространения на территории СССР.

В вопросах мелиорации почв содового засоления получили наибольшее признание химические средства, как и в мелиорации солонцов. Вторым по значимости после химических средств признается — землевание. Успех последнего достигается обычно при малой активности процессов содонакопления или в условиях остаточного (от прошлых условий) накопления соды в почвах. В иных условиях землевание может оказать лишь временный, хотя нередко достаточно продолжительный эффект. В ряде случаев, однако, единственно оправданными могут явиться химические средства устранения соды в почвах. К ним приходится прибегать, несмотря на их сложность и нередко — высокую стоимость. В типичном случае они должны быть дополнены мероприятиями по регулированию уровня грунтовых вод. Особо эффективным показало себя кислование почв содового засоления с использованием отходов серной кислоты на почвах, богатых карбонатами кальция, в частности, в Араратской долине Армянской ССР (*Оганесян, Агабабян, Ананян* и др.). Мелиорирующее действие кислоты при этом не всегда прямое. На карбонатных почвах она быстро нейтрализуется имеющимся в почве углекислым кальцием. Образующийся при этом гипс, будучи в очень распыленном и потому химически более активном состоянии, завершает процесс мелиорации. Наличие карбонатного буфера в самой почве исключительно важно. Кислота почти не оказывает непосредственного действия на микрофлору и корневые системы растений. Не требуется при этом строгой дозировки вносимой кислоты. Кислование оказывается эффективным даже после проведения посевов (*Ананян*). При этом лучший, устойчивый результат достигается при послойном внесении кислоты в почву с соответствующей обработкой ее на глубину до 50 и 75 см (*Мелкомян*).

На бескарбонатно-кальциевых содовых солончаках метод кислования в производственных условиях не испытан. Не исключено, что его применение вызовет ряд осложнений.

Эффект от мелиорирующего действия вносимого в почву гипса проявляется, как известно, значительно медленнее и не всегда достаточно. В содовых растворах кусочки гипса, особенно крупных помолов, обволакиваясь новообразующимся углекислым кальцием, перестают растворяться. Их мелиорирующий эффект снижается или пропадает.

Общим недостатком химических мелиораций, проводимых отдельно от других мероприятий, является то обстоятельство, что, воздействуя на запасы

соды в почвах, они не исключают дальнейшее поступление в почву новых количеств этой соли. Для предотвращения этого необходимо сочетать проведение химических мелиораций с гидромелиоративными, включая необходимые меры по регулированию уровня грунтовых вод. Необходимость в гидромелиоративных мероприятиях часто возникает еще потому, что химические средства, устраняя соду, не удаляют других солей, в том числе и те, которые образуются при нейтрализации соды, например, сульфат натрия.

Когда по ряду условий определяется обязательность сооружения искусственного дренажа и промывок почв, химические мелиорации могут быть (при определенном составе грунтов) заменены биохимическими. Известна способность нормальной соды легко переходить в присутствии углекислоты в двууглекислую форму (гидрокарбонат).

Насыщая почвенные растворы углекислотой, например, посредством заправки и разложения сидеральных культур или разложения свежеснесенного навоза, удастся большую часть нормальной соды перевести в бикарбонатную форму. Последняя значительно легче удаляется промывками. В присутствии углекислоты значительно снижается pH растворов. Среда может быть доведена до нейтральной и даже слабокислой. В таком случае устраняется чрезмерное диспергирование почвенной массы, — обычное явление в присутствии нормальной соды.

Выше рассмотренное убеждает, что эффективное и экономически более оправданное удаление соды возможно в каждом конкретном случае после достаточно полного выяснения причин содового засоления. Необходимо также знание минералогического состава почв и подстилающих пород. Помимо этого имеется большая необходимость в организации хорошо оснащенных экспериментальных баз по изучению способов устранения содового засоления в производственных условиях.

The Sodification of the Soil in the Soviet Union and Some Methods of Overcoming on It

V. V. EGOROV

„V. V. Dokuchayev“ Institute of Soil Science, Moscow

Summary

As has been shown by previous investigations the most common sources of sodium carbonate present in ground-waters and in soils are as follows:

1. The disintegration processes of various rocks which are losing lime or of rocks which have previously lost a considerable part of their calcium content by weathering.

Arising from the last statement, it may be said that salinization can be accounted for, to some extent, in subhumid areas by weathering of rocks which have previously undergone a number of disintegration processes (especially during post-glacial times).

2. Solutions, containing sodium hydrocarbonate, arising from depth under favourable geological and hydrogeological conditions.

The occurrence of such sodic alkalization is known in those areas where limestone from the Tertiary age is widespread (Moldavia, Northern Caucasus). A special category of this group can be found on areas of geological strata containing crude oil and natural gas. In such cases the formation and rise to the surface of soda solutions is paragenetically linked with the microbiological reduction process of sodium sulphate in the presence of the hydrocarbons of the crude oil (СУЛЖ КОВДА). The sodic-alkaline soils of the Western Siberian Plain are probably instances of this type of genesis.

3. The soil-biological theory of sodium carbonate formation is likewise based upon the reduction of sodium sulphates, which is taking place on the surface of super-humid soils or in ground-waters.

Similar occurrences are known in a number of cases in nature. Unfortunately, the scope of this phenomenon has not yet been fully elucidated. ANTIPOV-KARATAEV and others are investigating this problem in the Soviet Union.

4. The theory of the vegetable origin of the sodium carbonate.

The correctness of this hypothesis has a number of indirect proofs but it has not been subjected as yet to a strict experimental verification. It seems especially probable that plants, after utilizing the sulphur of sulphates, are forming sodium carbonate. A large number of tree species, especially the *Populus*, reveal the formation of alkaline compounds of the sodium humate type on injured spots of the trunk.

The huge area and the great variety of natural circumstances in the Soviet Union make it possible to ascertain, under diverse circumstances and conditions, a whole series of additional causes for the sodic alkalization of soils.